

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-051144

(43)Date of publication of application : 21.02.2003

(51)Int.Cl.

G11B 11/105

G11B 5/127

G11B 5/187

G11B 5/60

(21)Application number : 2001-237048

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 03.08.2001

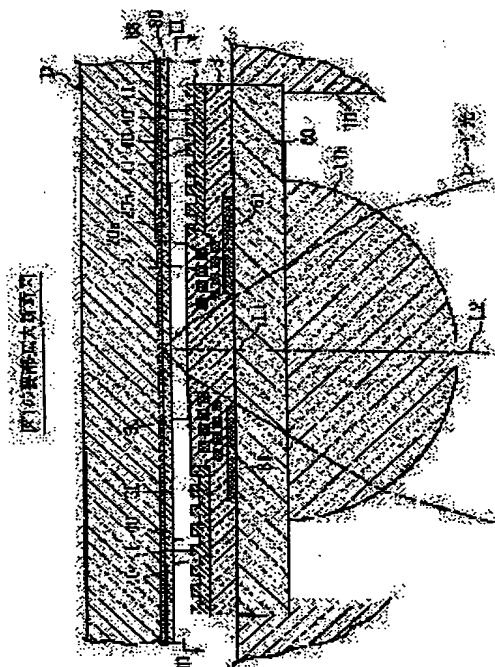
(72)Inventor : YOSHIKAWA HIROYASU  
KAWASAKI GORO  
MATSUMOTO TAKESHI  
FUJIMAKI TORU

## (54) MAGNETIC HEAD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently suppress the temperature rising of a coil for generating a magnetic field in a magnetic head.

**SOLUTION:** This magnetic head H is provided with a dielectric 3 having a surface 30 opposite a disk D with a space, and a magnetic field generation coil 2 provided inside or on the surface 30 of the dielectric 3. A heat conductive layer 4 having a heat conductivity higher than the dielectric 3 is provided to receive heat generated from the coil 2, and at least a partial surface of the heat conductive layer 4 is formed as a recessed and projected surface having a plurality of recesses and projections. Preferably, the recessed and projected surface is exposed from the surface 30 of the dielectric 3. More preferably, a plurality of recessed grooves constituting the recessed and projected surface are formed to be narrower from one longitudinal-direction end which becomes an air inlet toward the other longitudinal-direction end which becomes an air outlet.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-51144

(P2003-51144A)

(43) 公開日 平成15年2月21日 (2003.2.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 1 1 B 11/105	5 6 6	G 1 1 B 11/105	5 6 6 A 5 D 0 4 2
	5 6 1		5 6 1 E 5 D 0 7 5
5/127		5/127	B 5 D 0 9 3
			R 5 D 1 1 1
5/187		5/187	B
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-237048 (P2001-237048)

(22) 出願日 平成13年8月3日 (2001.8.3)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 吉川 浩寧

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 河崎 悟朗

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100086380

弁理士 吉田 稔 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 磁気ヘッドの磁界発生用のコイルの温度上昇を効率よく抑制することができるようにする。

【解決手段】 ディスクDに対して間隔を隔てて対向する表面30を有している誘電体3と、この誘電体3の内部または表面30に設けられた磁界発生用のコイル2と、を備えている、磁気ヘッドHであって、誘電体3よりも熱伝導率が高い伝熱層4がコイル2から発生した熱を受けることが可能に設けられており、かつ伝熱層4の少なくとも一部の面は、複数の凹凸を有する凹凸面として形成されている。好ましくは、上記凹凸面は、誘電体3の表面30から露出している。さらに好ましくは、上記凹凸面を形成する複数の凹溝は、ディスクDが回転するときに空気の流れ入口となる長手方向一端部から空気の流れ出口となる長手方向他端部に向けて進むほど、幅狭となる形状とされている。

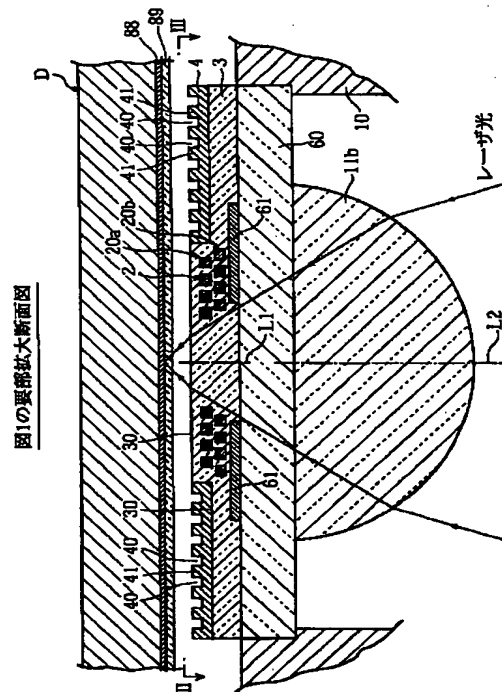


図1の要部拡大断面図

**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 ディスクに対して間隔を隔てて対向する表面を有している誘電体と、この誘電体の内部または上記表面に設けられた磁界発生用のコイルと、を備えている、磁気ヘッドであって、

上記誘電体よりも熱伝導率が高い伝熱層が上記コイルから発生した熱を受けることが可能に設けられており、かつ、

上記伝熱層の少なくとも一部の面は、複数の凹凸を有する凹凸面として形成されていることを特徴とする、磁気ヘッド。

【請求項2】 上記凹凸面は、上記誘電体の上記表面から露出している、請求項1に記載の磁気ヘッド。

【請求項3】 ディスクに対して間隔を隔てて対向する表面を有している誘電体と、この誘電体の内部または上記表面に設けられた磁界発生用のコイルと、を備えている、磁気ヘッドであって、

上記誘電体の内部のうち、上記コイルを挟んで上記ディスクとは反対側の位置には、上記誘電体よりも熱伝導率が高い伝熱層が位置しており、かつ、

この伝熱層の一部分は、上記誘電体の上記表面から露出していることを特徴とする、磁気ヘッド。

【請求項4】 磁界発生用のコイルと、ディスクに対して間隔を隔てて対向する面と、を具備しており、かつ、上記面には、上記ディスクが回転するときを空気を通してさせるための複数の凹溝が設けられている、磁気ヘッドであって、

上記各凹溝は、上記ディスクが回転するとき上記空気の流入口となる長手方向一端部から上記空気の流出口となる長手方向他端部に向けて進むほど、幅狭となる形状とされていることを特徴とする、磁気ヘッド。

【請求項5】 磁界発生用のコイルと、ディスクに対して間隔を隔てて対向する面と、を具備している、磁気ヘッドであって、

上記面の少なくとも一部分は、複数の凸部が上記ディスクのトラック方向とトラッキング方向とに分散して配置された凹凸面として形成されていることを特徴とする、磁気ヘッド。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本願発明は、光磁気ディスクあるいは磁気ディスクへのデータの記録・再生を行なうのに用いられる磁気ヘッドに関する。本明細書でいう

「磁気ヘッド」とは、磁界発生用のコイルを備えたデータ記録・再生用のヘッドを意味しており、光磁気ヘッドも含む概念である。また、本明細書において単に「ディスク」という場合には、光磁気ディスクと磁気ディスクとのいずれもが含まれる。

**【0002】**

【従来の技術】磁気ヘッドの磁界発生用のコイルに電流

を流すと、このコイルは発熱する。この発熱量が多くなってコイルが過熱状態になると、コイルが細く痩せてしまい、極端な場合には断線にいたるマイグレーションと称される現象を生じる場合がある。また、コイルの温度が上昇すると、このコイルの電気抵抗も上昇するために、一定の磁界を発生させるのに必要な消費電力も増加する。すると、この消費電力の増加がコイルの発熱温度を上昇させてさらなる電気抵抗の上昇を招き、上記した現象が加速度的に進行することとなる。そこで、従来においては、このようなことを改善するための一手段として、特開平8-235556号公報に所載の手段がある。

【0003】上記公報に所載の手段は、図14に示すように、サスペンション90の先端部に支持されたスライダ91に、磁界発生用のコイル92を取り付けたものであり、スライダ91の外面のうち、ディスクDに対向する面には、ディスクDのトラック方向（周方向）に延びる複数の筋状の凹溝93が形成されている。

【0004】このような構成によれば、ディスクDを回転させてスライダ91をディスクD上に浮上させたときに、このスライダ91とディスクDとの間を高速で流れる空気がスライダ91の各凹溝93内を通過する。したがって、上記空気との接触によりスライダ91を冷却することができ、コイル92の温度上昇を抑制する効果が得られる。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の手段においては、次に述べるように、コイル92の温度上昇を抑制する上で未だ充分とはいえない場合があった。

【0006】すなわち、スライダは、合成樹脂製とされるのが一般的であるが、合成樹脂は熱伝導率がさほど高いものではない。また、磁界発生用のコイルは、絶縁保護の観点から酸化珪素などの誘電体によって覆われているのが通例である。したがって、スライダ91の一部の面が高速空気流によって冷却されたとしても、この冷却部分とコイル92の間には熱伝導率が低い物質が介在していることにより、コイル92自体は十分に冷却されず、その放熱効率が悪い場合があった。

【0007】また、スライダ91に設けられている複数の凹溝93は、その長手方向の各所が同一の幅に形成されたものに過ぎない。したがって、各凹溝93内を流れる空気と各凹溝93を規定する面との接触度合いは少なく、その放熱性を高める上で、未だ改善の余地があった。

【0008】本願発明は、このような事情のもとで考え出されたものであって、磁気ヘッドの磁界発生用のコイルの温度上昇を効率よく抑制することができるようにすることをその課題としている。

**【0009】**

【発明の開示】上記の課題を解決するため、本願発明では、次の技術的手段を講じている。

【0010】本願発明の第1の側面によって提供される磁気ヘッドは、ディスクに対して間隔を隔てて対向する表面を有している誘電体と、この誘電体の内部または上記表面に設けられた磁界発生用のコイルと、を備えている。磁気ヘッドであって、上記誘電体よりも熱伝導率が高い伝熱層が上記コイルから発生した熱を受けることが可能に設けられており、かつ上記伝熱層の少なくとも一部の面は、複数の凹凸を有する凹凸面として形成されていることを特徴としている。

【0011】このような構成によれば、コイルで発生した熱の一部は、伝熱層に伝わってからこの伝熱層を介して外部に放熱される。伝熱層は、コイルの周囲の誘電体よりも熱伝導率が高いために、この伝熱層にはコイルから多くの熱を伝わらせることができる。また、この伝熱層には、凹凸部が設けられているために、放熱用の伝熱面の面積を大きくとることができる。したがって、このようなことにより、コイルから発生する熱の放熱性を良くし、コイルの温度上昇を抑制することができる。その結果、コイルの過熱に起因するマイグレーションの発生や、電気抵抗の増加に原因する消費電力の増加およびコイルのさらなる温度上昇といった悪循環の発生を適切に防止することが可能となる。

【0012】本願発明の好ましい実施の形態においては、上記凹凸面は、上記誘電体の上記表面から露出している。このような構成によれば、ディスクの回転に伴って誘電体の表面とディスクとの間に発生する空気流に伝熱層の一部を直接接触させることができるために、伝熱層の放熱性を一層良好にすることができる。

【0013】本願発明の第2の側面によって提供される磁気ヘッドは、ディスクに対して間隔を隔てて対向する表面を有している誘電体と、この誘電体の内部または上記表面に設けられた磁界発生用のコイルと、を備えている。磁気ヘッドであって、上記誘電体の内部のうち、上記コイルを挟んで上記ディスクとは反対側の位置には、上記誘電体よりも熱伝導率が高い伝熱層が位置しており、かつこの伝熱層の一部分は、上記誘電体の上記表面から露出していることを特徴としている。

【0014】このような構成によれば、磁界発生用のコイルから発生される熱のうち、ディスクとは反対方向に向かう熱を伝熱層に受けさせてから、この熱を伝熱層のうちの誘電体の表面から外部に露出している一部分から外部に逃がすことができる。伝熱層は、誘電体よりも熱伝導率が高く、しかもこの伝熱層の一部分については、ディスクの回転に伴って発生する空気流を利用して冷却することができる。このようなことにより、上記構成においては、磁界発生用のコイルを、ディスクとは反対側の位置から冷却するのと同様な効果を奏することとなる。その結果、本願発明の第1の側面によって提供され

る磁気ヘッドと同様に、コイルの温度上昇を適切に抑制し、コイルのマイグレーションの発生などを防止するのに好適となる。

【0015】本願発明の第3の側面によって提供される磁気ヘッドは、磁界発生用のコイルと、ディスクに対して間隔を隔てて対向する面と、を具備しており、かつ上記面には、上記ディスクが回転するときに空気を通過させるための複数の凹溝が設けられている。磁気ヘッドであって、上記各凹溝は、上記ディスクが回転するときに上記空気の流入口となる長手方向一端部から上記空気の流出口となる長手方向他端部に向けて進むほど、幅狭となる形状とされていることを特徴としている。上記複数の凹溝が設けられる面は、たとえば磁界発生用のコイルを覆うために設けられた誘電体の表面であってもよいし、あるいは本願発明の第1および第2の側面によって提供される磁気ヘッドの伝熱層に相当する部分の表面であってもよい。

【0016】このような構成によれば、ディスクと上記面との間の空気が、ディスクの回転に伴って上記各凹溝内を通過するときには、この空気が上記各凹溝の壁面に強制的に接触することとなる。このため、複数の凹溝の長手方向各所の幅が同一とされていた従来技術の場合よりも、上記面の冷却効率を高めることが可能となる。その結果、コイルの温度上昇を従来技術よりも抑制し、マイグレーションの発生などを防止するのに有利となる。

【0017】本願発明の第4の側面によって提供される磁気ヘッドは、磁界発生用のコイルと、ディスクに対して間隔を隔てて対向する面と、を具備している。磁気ヘッドであって、上記面の少なくとも一部分は、複数の凸部が上記ディスクのトラック方向とトラッキング方向とに分散して配置された凹凸面として形成されていることを特徴としている。この場合においても、上記した本願発明の第3の側面によって提供される磁気ヘッドの場合と同様に、上記凹凸面として形成される面としては、たとえば磁界発生用のコイルを覆うために設けられた誘電体の表面であってもよいし、あるいは本願発明の第1および第2の側面によって提供される磁気ヘッドの伝熱層に相当する部分の表面であってもよい。

【0018】このような構成によれば、ディスクのトラック方向に延びる筋状の凹溝を設けることによって所定の面を凹凸状にしていた従来技術の場合よりも、上記凹凸面の表面積を大きくし、空気との接触によって冷却される伝熱面の面積を大きくとることが簡単に行なえることとなる。また、ディスクの回転に伴ってこのディスクと上記凹凸面との間を空気が流れるときには、筋状の凹溝内を空気が流れる場合とは異なり、たとえば複数の凸部の全体または略全体に空気を強制的に衝突させることによって、上記凹凸面の各所に空気が接触する度合いを高めることも可能となる。したがって、本願発明の第1ないし第3の側面によって提供される磁気ヘッドと同様

に、コイルの冷却効率を高めて、コイルの過熱に起因するマイグレーションの発生防止などを図るのに好ましいものとなる。

【0019】本願発明のその他の特徴および利点については、以下に行う発明の実施の形態の説明から、より明らかになるであろう。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の好ましい実施の形態について、図面を参照しつつ具体的に説明する。

【0021】図1～図3は、本願発明の一実施形態を示している。図1によく表われているように、本実施形態の磁気ヘッドHは、レンズホルダ10と、このレンズホルダ10に保持された2つの対物レンズ11a、11bと、磁界発生用のコイル2と、このコイル2を覆う誘電体膜3と、一对の伝熱層4とを備えた光磁気ヘッドとして構成されている。

【0022】レンズホルダ10は、キャリッジ50に搭載されており、光磁気ディスクDの下方に配置可能である。このレンズホルダ10は、たとえば矢印Tgで示す光磁気ディスクDのトラッキング方向（半径方向）に変位可能な支持手段（図示略）を介してキャリッジ50に支持されており、同方向への変位が可能である。また、このレンズホルダ10は、たとえば電磁駆動手段19の駆動力により矢印Fcで示すフォーカス方向への変位が可能とされている。光磁気ディスクDは、図示されていないスピンドルモータの駆動力により図1の仮想線Cを中心として高速回転可能である。光磁気ディスクDの記録層88は、光磁気ディスクDの両面のうち、レンズホルダ10に対向する側の面に設けられている（図2参照）。本実施形態とは異なり、記録層88を光磁気ディスクDの上記面とは反対の面に設けてもかまわないが、そのようにすると記録層88とコイル2との間の距離が大きくなって磁力のロスが多くなるのに加え、レーザ光が光磁気ディスクDの基板を透過するときにその歪みの影響を受ける虞れがある。したがって、そのような不具合を解消する観点からすれば、本実施形態のような構成にすることが好ましい。記録層88の表面は、透光性を有する絶縁保護膜89によって覆われている。

【0023】キャリッジ50は、たとえば図示されていないボイスコイルモータの駆動力によってトラッキング方向Tgに移動自在である。このキャリッジ50の移動により、レンズホルダ10を目的のトラックの近傍に配置させるシーク動作がなされる。レーザ光は、図示されていないレーザダイオードやコリメータレンズなどを備えた固定光学部からキャリッジ50に向けて進行し、キャリッジ50に搭載された立ち上げミラー51に到達するように構成されている。立ち上げミラー51によって上方に反射されたレーザ光は、対物レンズ11a、11bに順次入射することにより集束され、これにより記録層88上にはレーザスポットが形成される。上記固定光

学部には、ビームスプリッタや光検出器も設けられており、記録層88によってレーザ光が反射されると、この反射光は上記光検出器で検出されるようになっている。トラッキング制御とフォーカス制御とは、レンズホルダ10の所定方向への変位により可能である。ただし、たとえばトラッキング制御については、立ち上げミラー51の傾斜角度を変更し、レーザ光の反射方向をトラッキング方向に振ることにより行なうことも可能であり、それらの制御の具体的な内容は限定されない。

【0024】図2によく表われているように、磁界発生用のコイル2は、対物レンズ11bに接着された矩形形状などの透明な基板60上に形成されている。基板60は、たとえば対物レンズ11bと同材質のガラス製であり、対物レンズ11bと基板60との境界面に隙間を生じないように対物レンズ11bに対して密に接着されている。なお、本願発明においては、基板60上にコイル2を形成するのに代えて、基板60を用いることなく、対物レンズ11bの表面上にコイル2を直接形成した構成とすることもできる。

【0025】コイル2は、銅などの金属膜を所定形状にパターンニングすることにより形成されたものであり、半導体製造プロセスにより製造することが可能である。このコイル2は、たとえば2層の導体膜20a、20bを有する2層構造のものとして構成されており、それら2つの導体膜20a、20bが渦巻状とされた渦巻コイルである。このコイル2は、対物レンズ11bを透過してきたレーザ光を遮らないように、その中心軸L1が対物レンズ11bの軸L2の延長線上に位置するように設けられている。図3によく表われているように、このコイル2の2つの導体膜20a、20bのそれぞれの一部分は、誘電体膜3および基板60の側縁部まで引き出されており、コイル2への電力供給用の端子部20c、20dが形成されている。図2によく表われているように、コイル2よりも下方には、パーマロイなどからなる薄膜状の磁性体層61が設けられている。この磁性体層61は、コイル2によって発生された磁界を光磁気ディスクDの方向に効率良く作用させるためのものである。

【0026】誘電体膜3は、透光性を有する酸化アルミニウムあるいは酸化珪素などの誘電物質からなり、磁性体層61およびコイル2を覆うように基板60上に形成されている。この誘電体膜3は、磁性体層61やコイル2の薄膜形成に付随して形成される複数の薄膜状の誘電体の層が一体的に積層して構成されたものであり、本願発明でいう誘電体の一例に相当する。この誘電体膜3の屈折率は、好ましくは基板60や対物レンズ11bの屈折率と略同一とされている。

【0027】一对の伝熱層4は、誘電体膜3よりも熱伝導率が高いたとえば銅などの金属からなる。本実施形態においては、この一对の伝熱層4は、後述するように、コイル2の温度上昇を抑制するための放熱機能を有する

のに加え、静電容量に基づいて光磁気ディスクDと磁気ヘッドHとの間の距離を求めるための導体またはセンサとしての役割をも果たすように構成されている。すなわち、一對の伝熱層4と記録層88との間の距離が小さくなると、それらの間の静電容量が大きくなる。したがって、この静電容量の値に基づいて光磁気ディスクDと磁気ヘッドHとの間隔を求めることができ、一對の伝熱層4は上記静電容量を検出するのに役立つ。上記静電容量に基づいて得られた光磁気ディスクDと磁気ヘッドH1との間隔のデータは、たとえばフォーカス制御の精度を高めるのに利用される。

【0028】一對の伝熱層4は、その表面が誘電体膜3の表面30から露出しており、かつ光磁気ディスクDに対して微小空隙を介して対向可能とされている。図3によく表われているように、一對の伝熱層4は、誘電体膜3の表面30のうち、コイル2の形成領域に重なった部分を除くようにして、誘電体膜3の表面30の広い領域にわたって形成されている。ただし、一對の伝熱層4は、コイル2の半径方向に延びる適当な幅sの隙間を介して2分割されている。これは、光磁気ディスクDへのデータの書き込み方式として磁界変調方式を採用し、コイル2に高周波電流を流すときに、伝熱層4に誘電電流を流れにくくして、コイル2によって発生された磁界が上記誘電電流に基づいて発生する磁界によって弱められないようにするためである。

【0029】各伝熱層4の光磁気ディスクDに対向する表面は、複数条の凹溝40と、これら複数条の凹溝40どうしの各間に位置する複数の凸部41とを有する凹凸面として形成されている。各凹溝40は、光磁気ディスクDの矢印Tcで示すトラック方向に延びている。ただし、各凹溝40の幅は各所一様ではなく、光磁気ディスクDの回転方向がたとえば図3の矢印N1方向であるとすると、その上流側の長手方向一端部42aの幅Saよりも、下流側の長手方向他端部42bの幅Sbの方が小さくされている。より具体的には、各凹溝40の幅を規定する一對の壁面43a、43aは、各凹溝40の一端部42aから他端部42bに向かうほど各凹溝40の幅を徐々に小さくする非平行面となっている。

【0030】各伝熱層4は、コイル2や磁性体層61と同様に、半導体製造プロセスにより作製することができる。その一例を示すと、まず図4(a)に示すように、ベースとなる誘電体膜3a(誘電体膜3の一部)上に、スパッタまたは蒸着により銅のベース層49aを形成する。次いで、同図(b)に示すように、ベース層49a上に第1のレジスト69aを塗布して、露光・現像処理を行なってから、ベース層49aの表面のうち、第1のレジスト69aによって覆われていない部分においてメッキなどによって銅を成長させて銅層49bをさらに形成する。その後は、同図(c)に示すように、第1のレジスト69aおよび銅層49bの表面において第2のレ

ジスト69bのパターニングを行なってから、銅層49b上に複数の筋状形態を有する銅層49cを形成する。この工程を終えた後には、同図(d)に示すように、第1および第2のレジスト69a、69bを除去し、その後たとえばイオンミリングによってベース層49aのうちの不要部分を除去する。すると、同図(e)に示すように、伝熱層4を形成することができる。このような一連の工程は、コイル2の製造工程と並行して、あるいはコイル2の製造工程に引き続いて効率良く行なうことができる。

【0031】次に、磁気ヘッドHの作用について説明する。

【0032】光磁気ディスクDへのデータ書き込みを磁界変調方式によって行なう場合、光磁気ディスクDを回転させながら、記録層88の目的のトラック上にレーザビームを連続的に照射して記録層88の所定の磁性体をキュリー温度まで上昇させる。一方、コイル2には高周波電流を流して磁界の磁束の方向を切り替える。これにより、記録層88を構成する磁性体の磁化の向きを制御する。このようなデータ書き込み処理時において、コイル2から発せられた熱の一部は、誘電体膜3を介して一對の伝熱層4に伝わり、これら一對の伝熱層4を介して外部(空气中)に逃がされる。各伝熱層4は、熱伝導性に優れており、かつその表面は誘電体膜3の外部に露出した伝熱面積の大きな凹凸面とされているために、優れた放熱効果が得られる。

【0033】また、各伝熱層4と光磁気ディスクDの間には、光磁気ディスクDの回転に伴って高速空気流が発生しており、各伝熱層4の表面はこの高速空気流に曝される。したがって、伝熱層4はこの高速空気流によって積極的に冷却される。高速空気流は、図3の矢印N2に示すように、各凹溝40内にはその一端部42aから進入し、他端部42bに向かう。これに対し、既述したとおり、各凹溝40内は他端部42bになるほどその幅が狭くなっている。このため、上記高速空気流が各凹溝40の一對の壁面43aに接触する度合いを多くして、上記高速空気流による各伝熱層4の冷却をより促進することができる。

【0034】このように、伝熱層4において効率良く放熱を行なわせると、これによりコイル2の温度上昇を抑制することができる。これにより、コイル2のマイグレーションを防止することができる。また、温度上昇に伴うコイル2の電気抵抗の増大も防止することができるために、消費電力の増加、および消費電力の増加に原因するコイルの発熱温度のさらなる上昇といった連鎖的な現象も好適に抑制することが可能となる。本実施形態においては、静電容量に基づいて光磁気ディスクDの記録層88と磁気ヘッドHとの間の距離を求めるための導体またはセンサとしての役割を果たす伝熱層4を利用して、コイル2の冷却効果を高めるように構成されている。し

たがって、その構成は合理的であり、磁気ヘッドHの構成要素数を少なくして、その簡素化を図れる分だけ、製造コストの上昇を抑制することもできる。

【0035】図5～図13は、本願発明に係る磁気ヘッドの他の実施形態を示している。これらの図において、上記実施形態と同一または類似の要素には、上記実施形態と同一符号を付している。

【0036】図5に示す構成においては、コイル2を覆う誘電体膜3から露出する各伝熱層4の表面を凹凸状にする手段として、矩形状などの形態を有する複数の凸部44が、トラッキング方向Tgとトラック方向Tcとのそれぞれに分散して設けられている。

【0037】このような構成によれば、複数の凸部44が分散配置されていることにより、各伝熱層4の伝熱面となる表面の面積を大きくすることができるために、やはり優れた冷却効果を得ることができる。また、光磁気ディスクが回転することにより、この光磁気ディスクと各伝熱層4の表面との間に高速空気流が発生したときには、矢印n1に示すように、この高速空気流を各凸部44の側面に衝突させることができる。したがって、このような作用によっても冷却効率を高めることができ、コイル2の温度上昇を抑制するのに好適となる。

【0038】図6に示す構成においては、各伝熱層4の複数の凹溝45が、互いに平行な壁面45aによって規定されたいわゆる平行溝として形成されている。

【0039】このような構成によれば、各伝熱層4と光磁気ディスクとの間に発生した高速空気流が、矢印N3に示すように各凹溝45内に進入する場合、この高速空気流が各伝熱層4の表面に接触する度合いは、図3または図5に示した構成のものと比較すると低くなる。ただし、各伝熱層4の表面が凹凸を有しない平面状にされている場合と比較すると、各伝熱層4の冷却効率を高めることが可能であり、本願発明は各伝熱層4の表面を凹凸にする手段として、図6に示すような構成を採用してもかまわない。

【0040】図7に示す構成においては、誘電体膜3の内部のうち、コイル2よりも基板60寄りの部分に、誘電体膜3よりも熱伝導率が高い伝熱層4Aが設けられている。この伝熱層4Aは、上述した実施形態の磁性体層61と同一の役割を果たすものであり、磁性体からなる。この伝熱層4Aは、基板60の片面の比較的広い領域にわたって形成されており、かつこの伝熱層4Aの両面のうち、少なくとも1つの面は、複数ずつの凸部48aおよび凹部48bを有する凹凸面とされている。

【0041】このような構成によれば、伝熱層4Aの片面が凹凸面とされていることにより、この伝熱層4Aの表面積が大きくされているため、この伝熱層4Aの放熱性をその分だけ高めることができる。伝熱層4Aは、その全体または略全体が誘電体膜3内に埋設されているものの、この伝熱層4Aは誘電体膜3よりも高い熱伝導率

を有するために、コイル2から発する熱を伝熱層4Aを介して発散させることができる。したがって、本実施形態によっても、コイル2の温度上昇を抑制する効果が得られる。

【0042】図7に示した実施形態から理解されるように、本願発明においては、放熱を行なうのに利用される部分(伝熱層)は、必ずしも誘電体膜3の表面に露出していなくてもかまわない。したがって、たとえば図1～図3に示した実施形態の伝熱層4の凹凸面が誘電体膜3によって覆われた構造とされていてもよく、このような構成を採用した場合も本願発明の技術的範囲に包摂される。

【0043】図8に示す構成においては、伝熱層4Bが、コイル2よりも基板60寄りの位置に設けられた第1の層46a上に、第2の層46bが積層して設けられた構成を有している。これら第1の層46a、46bは、いずれも誘電体膜3よりも熱伝導率が高いものであり、かつ第2の層46bは、その上面が誘電体膜3の表面30から露出して光磁気ディスクDに対向するように形成されている。第1の層46aは、図2に示した磁性体層61と同一の役割を果たすものであり、磁性体からなる。

【0044】このような構成によれば、コイル2から発せられた熱のうち、基板60に向かう熱が、伝熱層4Bに効率よく伝わる。そして、この熱は、伝熱層4Bの光磁気ディスクDに対面する面から効率良く外部に逃がされる。本実施形態によれば、誘電体膜3の厚み方向奥部に留まろうとする熱を誘電体膜3の表面側に積極的に導いて逃がすことができる。したがって、コイル2の温度上昇抑制効果は優れたものとなる。

【0045】図9に示す構成においては、伝熱層4Cが、コイル2よりも基板60寄りに位置する第1の層47a(磁性体層)と、誘電体膜3から表面が露出する第2の層47bと、これら第1および第2の層47a、47bを繋ぐ中間層47cとから構成されている。

【0046】このような構成によれば、第2の層47bの面積を第1の層47aの面積よりも大きくして、伝熱層4Cが誘電体膜3の表面から露出する面の面積を大きくすることが容易化される。したがって、放熱効果を高めるのにより好ましいものとなる。

【0047】図10に示す構成においては、伝熱層4Dの第2の層47bの上面(露出面)が、複数の凹凸を有する凹凸面として形成されている。

【0048】このような構成によれば、伝熱層4Dの空気に触れる面の表面積を大きくできる分だけ、その放熱性をより高めることができる。伝熱層4Dの露出面の凹凸を、図3、図5、または図6に示したのと同様な形態にした場合には、それらの図を参照して説明したのと同様な効果が期待できる。

【0049】図11に示す構成においては、誘電体膜3



の表面30のうち、レーザ光が透過する部分除く領域の略全域が、凹凸面として形成されている。この凹凸面の形態は、図3または図5に示された伝熱層4の凹凸面と同様な形態とされている。具体的には、誘電体膜3の凹凸面は、たとえば図12に示すように、複数の凹溝39と複数の凸部38とを有し、かつ各凹溝39を規定する一对の壁面39aの幅が高速空気流の方向（矢印N5方向）に対して下流側になるほど徐々に狭くなる非平行面とされている。あるいは、誘電体膜3の凹凸面は、図13に示すように、矩形状などを有する複数の凸部37がトラッキング方向およびトラック方向に分散配置された構成とされている。

【0050】このような構成によれば、誘電体膜3の伝熱面となる表面30の面積を大きくすることができるのに加え、誘電体膜3の表面30には、図3または図5を参照して説明した伝熱層4の凹凸面の場合と同様な原理により、この誘電体膜3の表面30と光磁気ディスクとの間において発生される高速空気流が効率良く作用する。したがって、誘電体膜の表面が単なる平面状とされているもの、あるいは誘電体膜の表面に複数条の単なる平行溝が形成されているに過ぎないものと比較すると、誘電体膜3の表面部分における放熱性を高めることができる。したがって、コイル2の温度上昇を抑制するのに好ましいこととなる。

【0051】本願発明の内容は、上述の実施形態に限定されない。本願発明に係る磁気ヘッドの各部の具体的な構成は、種々に設計変更自在である。

【0052】たとえば、本願発明でいう誘電体は、基板の表面に形成された誘電体膜に限定されない。本願発明においては、たとえば対物レンズの表面にコイルを直接形成することも可能であり、この対物レンズを本願発明でいう誘電体とすることもできる。

【0053】本願発明に係る磁気ヘッドは、ディスクに対して微小間隔を隔てて浮上するスライダを備え、かつこのスライダにコイルを設けたタイプの磁気ヘッドとして構成することもできる。また、本願発明に係る磁気ヘッドは、対物レンズを有しない磁気ヘッドとして構成することもできる。コイルは、半導体製造プロセスにより薄膜形成すれば、その製造が容易であるが、やはりこれに限定されない。

#### 【0054】

【発明の効果】以上の説明から理解されるように、本願発明に係る磁気ヘッドによれば、磁界発生用のコイルの発熱温度の上昇を効率よく抑制し、コイルのマイグレーションの発生や消費電力の増加などを防止するのに好適となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の一実施形態を示す要部断面図である。

【図2】図1の要部拡大断面図である。

【図3】図2の矢視III-III平面図である。

【図4】(a)～(e)は、伝熱層の作製工程の一例を示す要部断面図である。

【図5】伝熱層の凹凸の他の形態を示す平面図である。

【図6】伝熱層の凹凸の他の形態を示す平面図である。

【図7】本願発明の他の実施形態を示す要部断面図である。

【図8】本願発明の他の実施形態を示す要部断面図である。

【図9】本願発明の他の実施形態を示す要部断面図である。

【図10】本願発明の他の実施形態を示す要部断面図である。

【図11】本願発明の他の実施形態を示す要部断面図である。

【図12】図11に示す磁気ヘッドの誘電体膜の表面形態の一例を示す平面図である。

【図13】図11に示す磁気ヘッドの誘電体膜の表面形態の他の例を示す平面図である。

【図14】従来技術の説明図である。

#### 【符号の説明】

H 磁気ヘッド

D 光磁気ディスク（ディスク）

2 コイル

3 誘電体膜（誘電体）

4 伝熱層

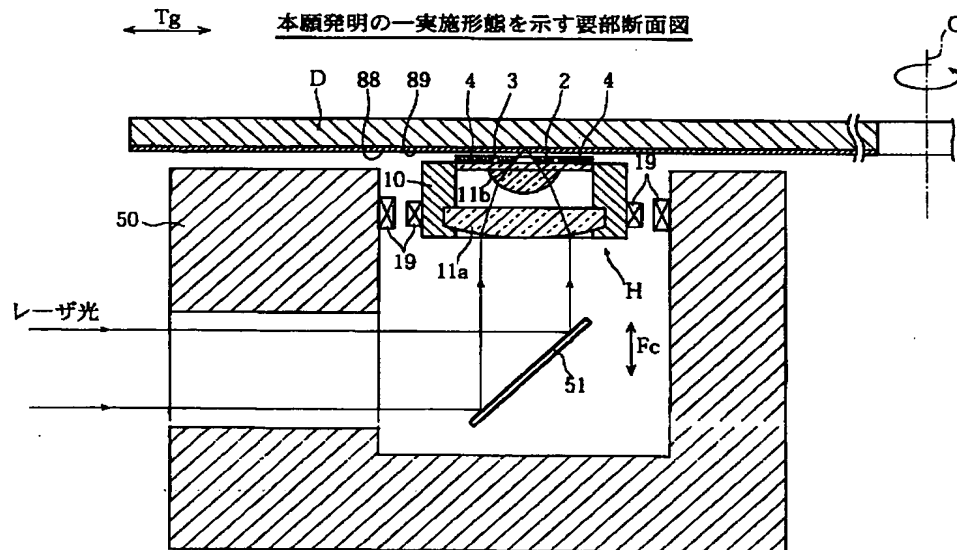
10 レンズホルダ

11a, 11b 対物レンズ

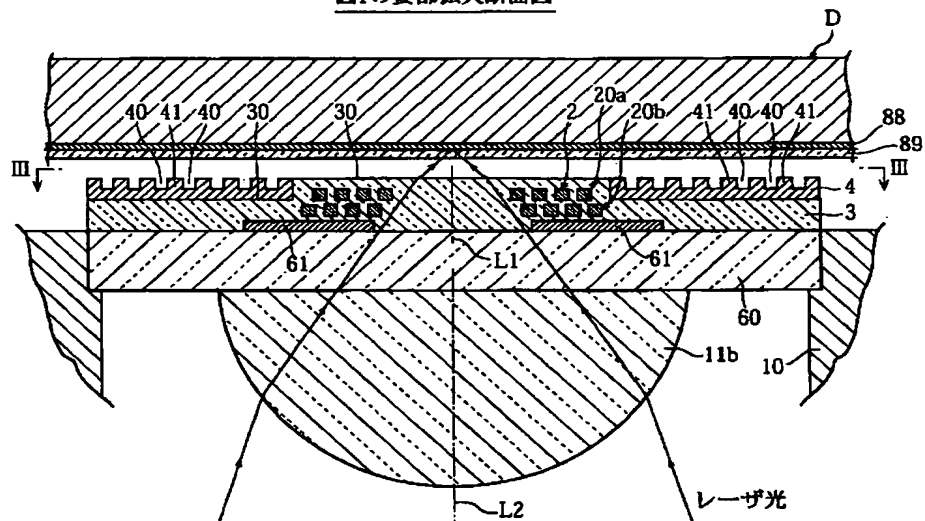
30 表面（誘電体膜の）

40 凹溝

【図1】

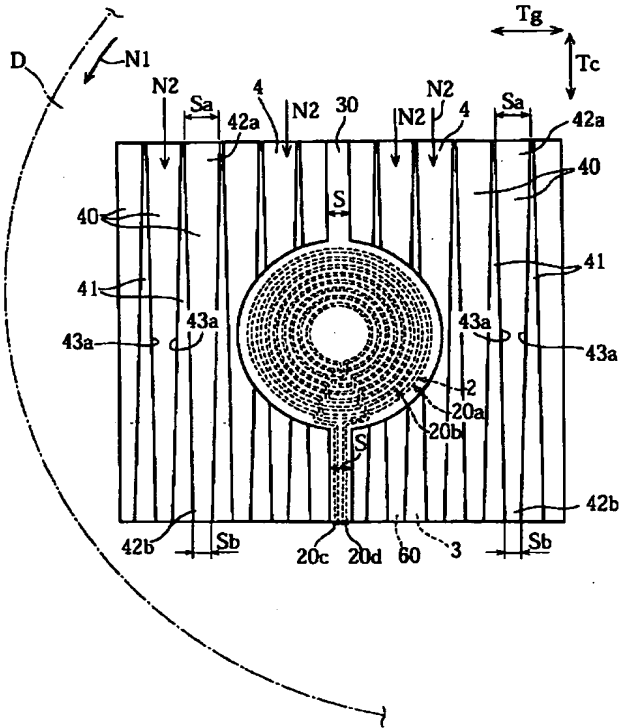


【図2】

図1の要部拡大断面図

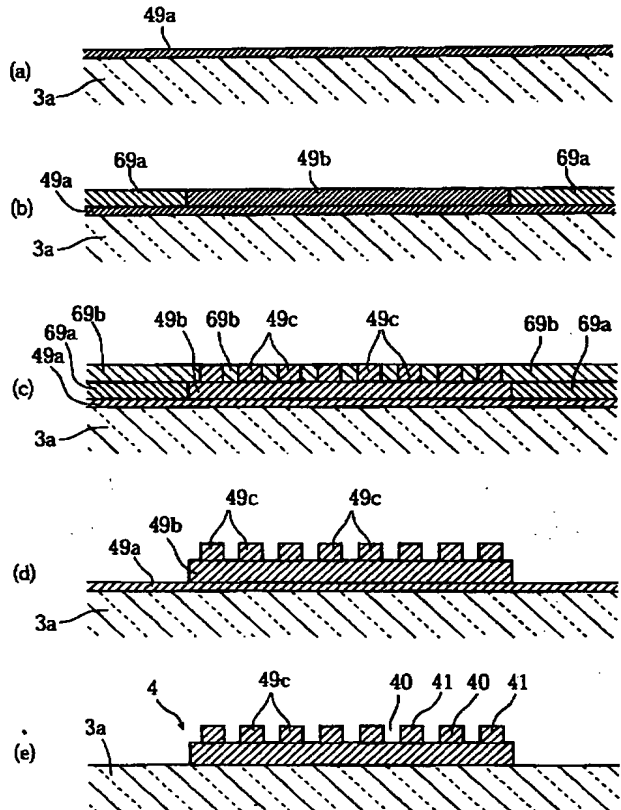
【図3】

図2の矢視III-III平面図



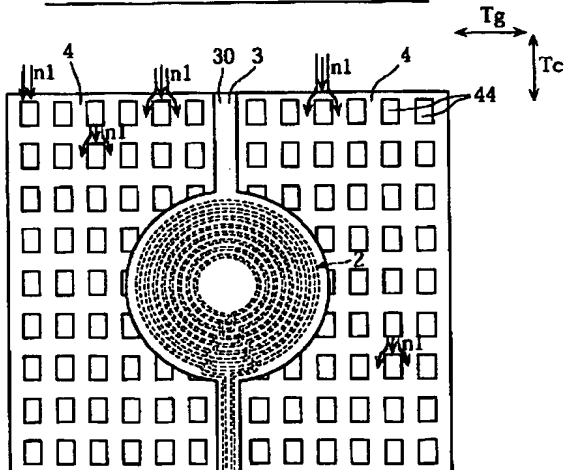
【図4】

伝熱層の作製工程の一例を示す要部断面図



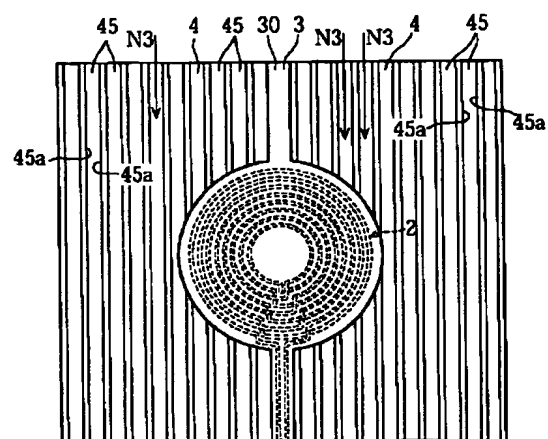
【図5】

伝熱層の凹凸の他の形態を示す平面図



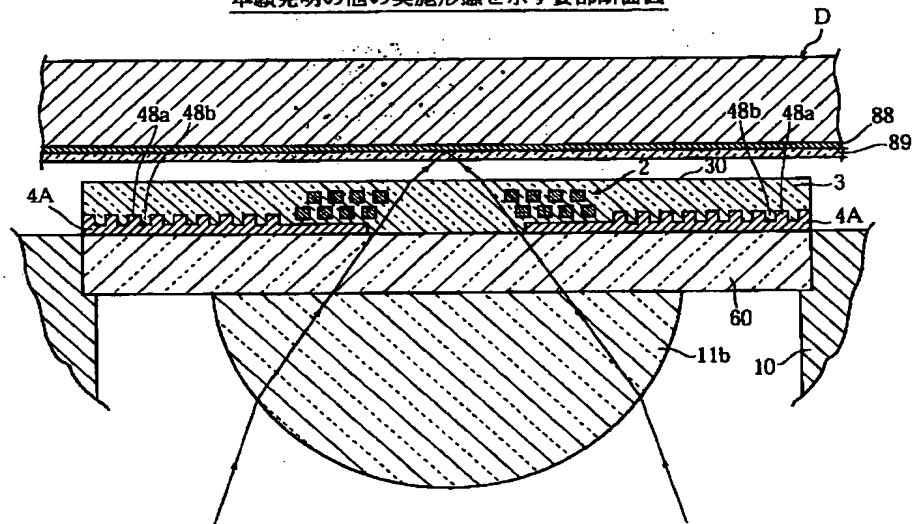
【図6】

伝熱層の凹凸の他の形態を示す平面図



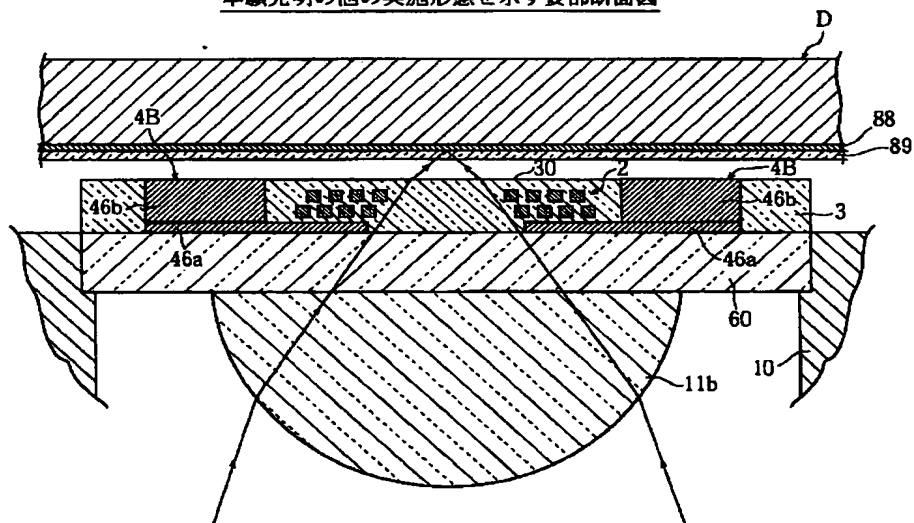
【図7】

本願発明の他の実施形態を示す要部断面図

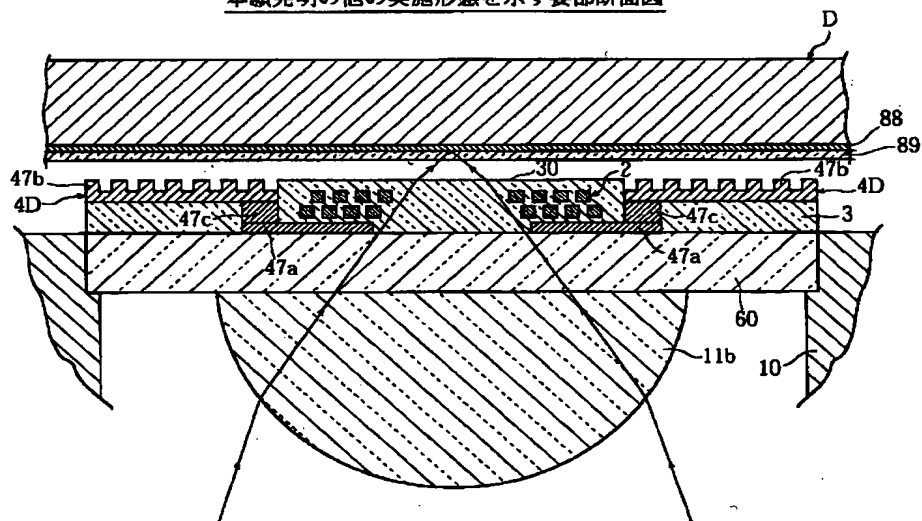


【図8】

本願発明の他の実施形態を示す要部断面図

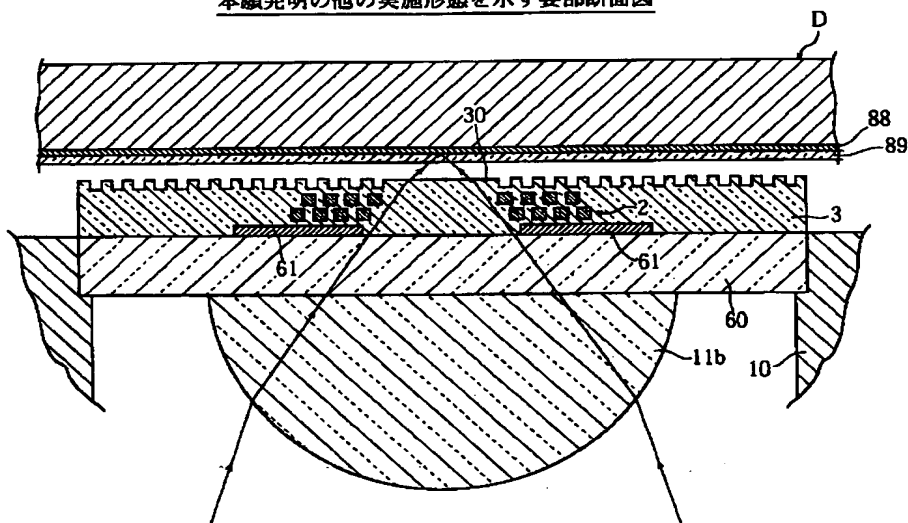


**本願発明の他の実施形態を示す要部断面図**



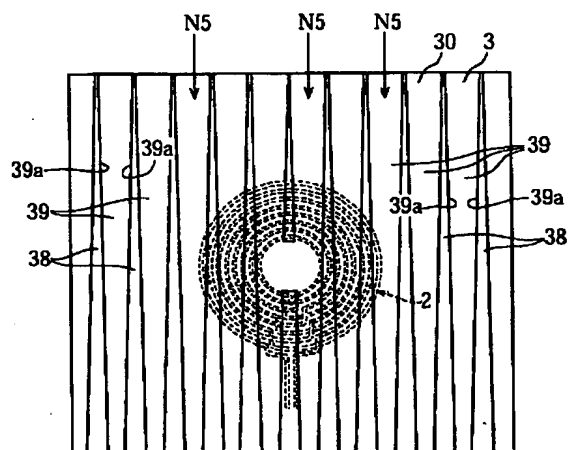
【図11】

本願発明の他の実施形態を示す要部断面図



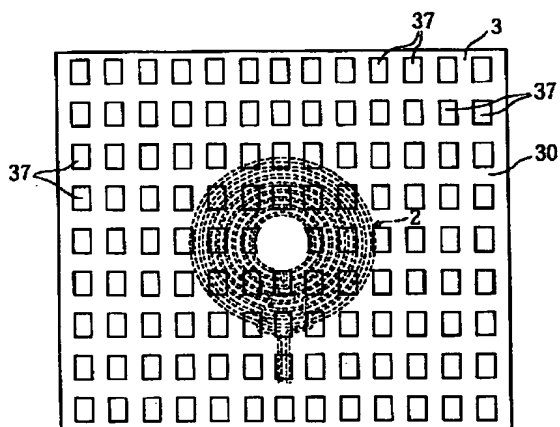
【図12】

図11に示す磁気ヘッドの誘電体膜の表面形態の一例を示す平面図



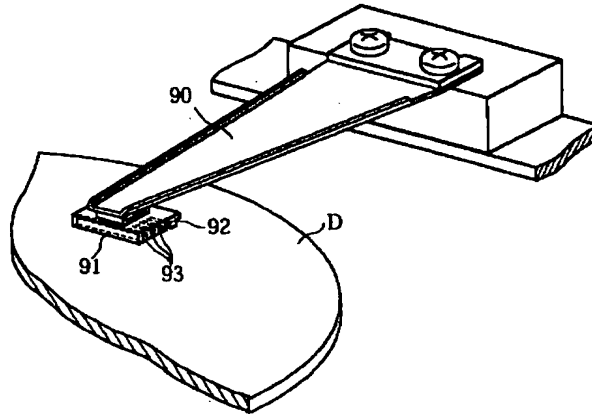
【図13】

図11に示す磁気ヘッドの誘電体膜の表面形態の一例を示す平面図



【図14】

## 従来技術の説明図



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テ-マコ-ド (参考)
G 1 1 B 5/187 5/60		G 1 1 B 5/187 5/60	R Z
(72) 発明者 松本 剛 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 富士通株式会社内		F タ-ム (参考) 5D042 NA02 NA05 PA10 QA03 SA01 5D075 CF03 CF10 5D093 AA03 AB05 AC08 AD01 AE05 5D111 AA08 AA11 AA24 DD03 DD22 DD23 DD24 EE02 KK20	
(72) 発明者 藤巻 徹 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 富士通株式会社内			

HEISEI 14 PERFORMANCE REPORT

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF NANOMETER CONTROL OPTICAL DISK  
SYSTEM (MAGNETIC DOMAIN RESPONSE THREE-DIMENSIONAL OPTICAL  
MEMORY TECHNOLOGY)

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR RATIONALIZING THE USE OF  
ENERGY

March 2003 (Heisei 15)

OPTOELECTRONIC INDUSTRY AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT  
ASSOCIATION

PROMOTION ORGANIZATION OF NEXT-GENERATION OPTICAL  
MEMORY



## ② Design of High-margin OFH Quaternary Trial Manufacture

Calculations and test results demonstrated that the desired spacing between the coil and heat sink of the tertiary trial manufacture is 100  $\mu\text{m}$ , this result being described in greater detail in the section concerning the evaluations of OFH tertiary, quaternary trial manufacture in (iii). Accordingly, in the quaternary trial manufacture, the spacing between the coil and heat sink was set to 100  $\mu\text{m}$  in all the cases. Further, in the quaternary trial manufacture, the following improvements were made with respect to the tertiary trial manufacture.

- Prior to the third trial manufacture, NiFe was employed for the magnetic layer, but a decision is made to use a new magnetic film with Bs (saturated magnetic flux density) higher than that of NiFe. As a result, the volume of the magnetic layer (thickness of magnetic layer) can be decreased and eddy loss is suppressed.
- The inner diameter value in the radial and circumferential directions of the coil and magnetic layer were evaluated by taking into account the tolerance of components, tolerance of assembling, and tracking quantity with respect to the light flux diameter passing through the central portion. However, because it is not necessary to take the tracking quantity into account with respect to the circumferential direction, the margin equivalent to the tracking quantity only in the circumferential direction was omitted in the quaternary trial manufacture. Thus, the magnetic field generation efficiency is increased by selecting an ellipsoidal shape of the coil (fixed in the radial direction, reduction in the circumferential direction).

Coil dimensions and power consumption relating to the designed high-margin OFH tertiary and quaternary trial manufacture are presented in Table 2.3.8.

Table 2.3.8. Specifications of OFH tertiary and quaternary trial manufacture

Type	Tertiary trial manufacture 3-100 $\mu\text{m}$	Tertiary trial manufacture 3-200 $\mu\text{m}$	Tertiary trial manufacture 3-7 $\mu\text{m}$	Quaternary trial manufacture 4-100 $\mu\text{m}$
Coil pattern	round	round	round	ellipse
Distance (WD) between coil and magnetic field position (recording film) ( $\mu\text{m}$ )	10	10	10	10
Magnetic field intensity (Oe/A)	749	←	←	746
Number of turns	10	←	←	←
Upper layer	5	←	←	←
Lower layer	5	←	←	←
Required electric current (A) (electric current @ 200 Oe)	0.267	←	←	0.253
Inductance (nH)	24.2	←	←	22.7
Impedance ( $\Omega$ )				
50 MHz	7.9	←	←	7.5
100 MHz	15.6	←	←	14.8
Power consumption by coil (W)	0.079	←	←	0.066
Spacing between coil and heat sink ( $\mu\text{m}$ )	100	200	7	100

### ③ Static magnetic field characteristic of OFH tertiary and quaternary trial manufacture

A static magnetic field generated in the position of a disk recording surface when a rated electric current is passed in the coil was calculated. The results are shown in FIG. 2.3.9 (static magnetic field characteristic of the tertiary trial manufacture) and FIG. 2.3.10 (static magnetic field characteristic of the quaternary trial manufacture). There are three patterns of tertiary trial manufacture, but the static magnetic field characteristic was the

same for all the patterns. FIGS. 2.3.9 and 2.3.10 confirm that a generated magnetic field of 200 Oe has been obtained in the central portion of the coil for all the models.

However, it is clear that the lines of equal height shown in the figure are not distributed as concentric circles in all the cases. This is because the calculation has been conducted with respect to a state in which the coil model was disposed so as to have a spiral shape. As shown in both figures, the coil gradually expands from a position corresponding to 12 o'clock toward the outer periphery, while drawing an arc in the clockwise direction, and the coil makes a round in the next 12 o'clock position. Therefore, it can be confirmed that the magnetic field decreases in the positions close to 9-12 o'clock.

FIG. 2.3.9. Tertiary trial manufacture. Static magnetic field characteristic  
RADIAL DIRECTION ( $\mu\text{m}$ ) [abscissa]  
CIRCUMFERENTIAL DIRECTION ( $\mu\text{m}$ ) [ordinate]

FIG. 2.3.10. Quaternary trial manufacture. Static magnetic field characteristic  
RADIAL DIRECTION ( $\mu\text{m}$ ) [abscissa]  
CIRCUMFERENTIAL DIRECTION ( $\mu\text{m}$ ) [ordinate]  
GENERATED MAGNETIC FIELD (Oe)

#### (I) Heat sink design of thin-film coil

##### ① Design method

The simulation method comprises creating a 1/4 model of a coil divided into small parts by three-dimensional CAD and finding the amount of generated heat (consumed electric power) for each small part by electromagnetic field simulation. The

amount of generated heat for each part, material properties of the parts, and boundary conditions are incorporated in the thermal analysis simulation, and a stationary temperature analysis of each portion is conducted. Final temperature increase is evaluated by further feedback introducing the increase in the electric resistance of the material caused by temperature increase in the results of the stationary temperature analysis.

In the tertiary trial manufacture, the coil pattern was the same and samples were manufactured that had parameters of three types, that is, the spacing between the coil and heat sink was 7  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$ , and 200  $\mu\text{m}$ . First, thermal analysis relating to them was conducted. The results are shown in FIGS. 2.3.11 to 2.3.13. Those figures represent temperature distribution diagrams obtained by observing the 1/4 model from the center direction on the floating surface side. Ambient temperature was set to 25°C and a contour map was obtained with the lower limit value set to 25°C and an upper limit value set to 50°C.

FIG. 2.3.11. DC analysis, spacing of the coil and heat sink is 7  $\mu\text{m}$

FIG. 2.3.12. DC analysis, spacing of the coil and heat sink is 100  $\mu\text{m}$

FIG. 2.3.13. DC analysis, spacing of the coil and heat sink is 200  $\mu\text{m}$

It was initially predicted that at a spacing of 7  $\mu\text{m}$ , the heat sink is close to the coil, thereby creating a large eddy current loss, but thermal characteristic is good and no temperature increase is observed. At a spacing of 200  $\mu\text{m}$ , on the other hand, it was also

supposed that good design with a low eddy current loss and a small temperature increase will be obtained at a spacing of 100  $\mu\text{m}$ . In order to generate the same magnetic field when the frequency is changed, the electric current value has to be increased according to the increase in the frequency and eddy current loss. Therefore, in order to prevent the system from becoming complex, the eddy current loss has to be suppressed as thoroughly as possible. The eddy current loss of the heat sink and temperature increase at AC are shown in FIG. 2.3.14.

(The consumed power, temperature increase value, and heat sink eddy current loss for DC and AC are shown in the abovementioned Table 2.3.7).

As was initially predicted, good balance was obtained at a medium (100  $\mu\text{m}$ ) of the three values of spacing between the coil and heat sink, and both the temperature increase at AC and the eddy current loss were low.

In the quaternary trial manufacture, following the above-described results, a spacing of 100  $\mu\text{m}$  was selected between the coil and heat sink and a high-Bs material (1.6 T. In the tertiary trial manufacture, it was NiFe with 0.7 T) was employed for the core. As a result, the occurrence of magnetic flux saturation can be prevented, the core thickness can be reduced, and the resistance value of the core can be increased. The effect produced is that the occurrence of eddy current loss in the magnetic body is suppressed and further reduction of temperature increase can be planned. Thermal analysis of quaternary trial manufacture using a thin magnetic layer and a coil of a circular pattern identical to that of the tertiary trial manufacture was conducted to observe the difference in the temperature increase caused by the difference in thickness and material properties of the magnetic layers (the analysis employed a simplified model in

which only the thickness of the magnetic layer and the saturated magnetic flux density were varied). The results obtained are shown in Table 2.3.9. The analysis results contradicted the initial prediction, and a larger temperature increase was observed in the quaternary trial manufacture with a small eddy current loss (FIG. 2.3.15). The comparison of thermal analysis results obtained in tertiary trial manufacture and quaternary trial manufacture demonstrated that thermal conductivity of the core plays a role in suppressing the increase in temperature of the coil. FIG. 2.3.16 and 2.3.17 show side views of heat fluxes of the same 1/4 model that were obtained earlier (the left upper part of the screen is the floating surface of the coil center). As for the heat flux, the movement of heat observed when the heat generated in the coil escapes to the heat sink via the core is larger in the tertiary trial manufacture than in the quaternary trial manufacture. It was understood that the design providing for heat escape is more important than that focused on suppressing the heat generation.

FIG. 2.3.14. Temperature increase at AC and eddy current loss in heat sink

TEMPERATURE INCREASE VALUE (°C)

EDDY CURRENT LOSS IN HEAT SINK (mW) [abscissa]

TEMPERATURE INCREASE Sim. VALUE (°C) AT AC MAGNETIC FIELD OF 200

Oe AND EDDY CURRENT LOSS IN HEAT SINK (mW) [top]

TEMPERATURE INCREASE VALUE (°C) AT AC

EDDY CURRENT LOSS IN HEAT SINK (mW) [in the graph]

SPACING BETWEEN COIL AND HEAT SINK (μm) [below]

FIG. 2.3.15. Temperature distribution in quaternary trial manufacture at DC

Table 2.3.9. Electric power consumption and temperature increase value

Trial manufacture of coil	Equivalent to tertiary trial manufacture	Equivalent to quaternary trial manufacture
DC power consumption (mW)	70.4	70.4
DC temperature increase value (°C)	12.5	24.0
AC power consumption (mW)	53.4	51.8
AC temperature increase value (°C)	4.6	11.6

FIG. 2.3.16. Tertiary heat transfer (of the type with a spacing between the coil and heat sink of 100  $\mu\text{m}$ )

SUBSTRATE (基板) FLOATING SURFACE (浮上面) CENTRAL AXIS (中心軸)  
 COIL (コイル) CORE (コア) HEAT SINK (ヒートシンク)

FIG. 2.3.17. Quaternary heat transfer

ALL RIGHTS RESERVED

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF NANOMETER CONTROL OPTICAL DISK  
SYSTEM (2002)

- MAGNETIC DOMAIN RESPONSE THREE-DIMENSIONAL OPTICAL MEMORY  
TECHNOLOGY -

Publication March 2003

Edited and published by OPTOELECTRONIC INDUSTRY AND TECHNOLOGY  
DEVELOPMENT ASSOCIATION

1-20-10 Sekiguchi, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-0014

Telephone (03) 5225-6432



## 平成 14 年度 成果報告書

「ナノメータ制御光ディスクシステムの研究開発  
(磁区応答 3 次元光メモリ技術)」  
エネルギー使用合理化技術開発

2003 (平成 15) 年 3 月

財団法人 光産業技術振興協会  
次世代光メモリ推進機構

(3) 青色LD用磁区応答媒体の開発および評価	14
2.1.2 磁区応答3次元化の研究開発	15
2.1.3 基礎材料物性評価	15
2.2 目標仕様	15
2.2.1 磁区応答型記録方式の研究開発	15
(1) 青色LD用磁区応答評価装置の開発	15
(2) 高速アクセス技術の開発	18
(3) 青色LD用磁区応答媒体の開発および評価	18
2.2.2 磁区応答3次元化	19
2.2.3 基礎材料物性評価	19
2.3 検討過程と結果	20
2.3.1 磁区応答記録方式の研究開発	20
2.3.2 磁区応答3次元化の研究開発	78
3. 成果と達成状況	82
3.1 成果	82
3.1.1 磁区応答型記録方式の研究開発	82
(1) 青色LD用磁区応答評価装置の開発	82
(2) 高速アクセス技術の開発	84
(3) 青色LD用磁区応答媒体の開発および評価	84
3.1.2 磁区応答3次元化の研究開発	86
3.1.3 基礎材料物性評価	86
3.2 共通基盤技術の形成	86
(1) 基本理論・原理・構想、その実現手法の確立、体系的整理	86
3.3 達成状況	87
3.3.1 目標に対する達成度	87
(1) 磁区応答型記録方式の研究開発	87
(2) 磁区応答3次元化の研究開発	89
(3) 基礎材料物性検討	90
3.4 研究発表、講演、特許等	90
3.4.1 研究発表・講演	90
3.4.2 論文	90
3.4.3 特許	90
3.4.4 報道その他	91
4. まとめ	92
4.1 結論	92
4.1.1 磁区応答型記録方式の検討	92
(1) 青色LD用磁区応答評価装置の開発	92
(2) 高速アクセス技術の開発	92
(3) 青色LD用磁区応答媒体の開発および評価	93
4.1.2 磁区応答3次元化の研究開発	94
4.1.3 基礎材料物性検討	94

## ②高マージン0FH4次試作の設計

(iii) の0FH3次、4次試作の評価で詳述するが、3次試作のコイルとヒートシンク間隔は計算、実験結果より100 $\mu\text{m}$ が望ましい間隔であることが判明した。そこで4次試作はコイルとヒートシンクの間隔を全て100 $\mu\text{m}$ にすることにした。さらに、3次試作に対し、4次試作では下記の項目を改良し試作を行うことにした。

- ・3次試作まで磁性層にはNiFeを採用していたが、NiFeよりもBs (飽和磁束密度) が大きい新磁性膜を用いることにする。これによって磁性層の体積を (磁性層の厚みを) 小さくすることが可能となり、うず損失を抑える。
- ・コイル、磁性層の半径、円周方向の内径値は、中心部を透過する光束径に対し部品公差、組み立て公差、そしてトラッキング量を加味し内径値を見積もっていた。しかし、円周方向に関してはトラッキング量は加味する必要は無いので、4次試作では円周方向のみトラッキング量に相当するマージンを省略した。ゆえにコイルの形状を長円形状 (半径方向は固定、円周方向を縮小) にすることによって、磁界発生効率を向上させる。

設計した高マージン0FH3次、4次試作のコイルディメンジョン及び消費電力の諸量を表2.3.8に示す。

表 2.3.8 0FH3次、4次試作仕様

タイプ	3次試作 3-100 $\mu\text{m}$	3次試作 3-200 $\mu\text{m}$	3次試作 3-7 $\mu\text{m}$	4次試作 4-100 $\mu\text{m}$
コイルパターン	円形	円形	円形	長円形
コイルと磁界位置 (記録膜) の距離 (WD) ( $\mu\text{m}$ )	10	10	10	10
磁界強度 (Oe/A)	749	←	←	746
ターン数	10	←	←	←
上層	5	←	←	←
下層	5	←	←	←
必要電流 (A) (電流@200 Oe)	0.267	←	←	0.253
インダクタンス (nH)	24.2	←	←	22.7
インピーダンス ( $\Omega$ )				
50 MHz	7.9	←	←	7.5
100 MHz	15.6	←	←	14.8
コイル消費電力 (W)	0.079	←	←	0.066
コイル-ヒートシンク間距離 ( $\mu\text{m}$ )	100	200	7	100

## ③高マージン0FH3次、4次試作の静磁界特性

コイルに定格電流を通電したとき、ディスク記録面の位置で発生する静磁界を計算した。結果を図2.3.9 (3次試作の静磁界特性)、図2.3.10 (4次試作の静磁界特性) に示す。なお、3次試作の仕様は3パターンあるが、静磁界特性は何れも同じである。図2.3.9、図2.3.10より何れのモデルでも、コイルの中心部では発生磁界が200 Oe得られていることが確認できる。

ところで、図の等高線は何れも同心円状に分布していないことが分かる。これはコイルのモデルをスパイラルの形状に配置した状態で計算を行っているためである。各図において、12時の位置からコイルは外周に向け、時計方向に弧を描きながら徐々に膨らんでいき、次の12時の位置でコイルが一周するようになっている。したがって、9～12時付近の位置で磁界が小さくなることが確認できる。

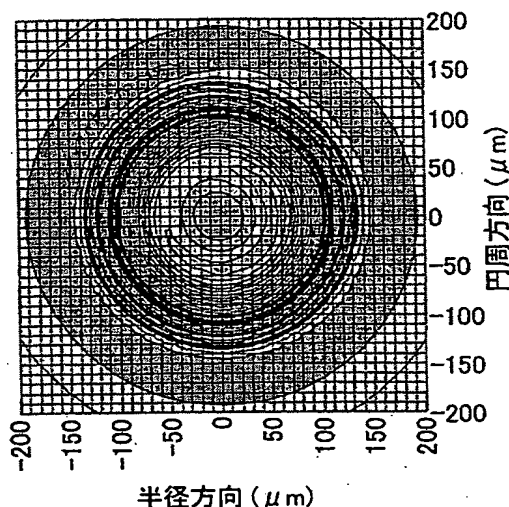


図2.3.9 3次試作 静磁界特性

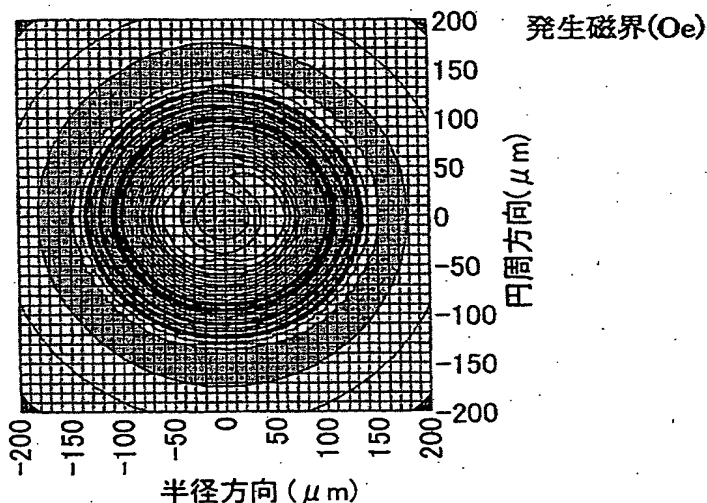


図2.3.10 4次試作 静磁界特性

### (エ) 薄膜コイルの放熱設計

#### ①設計手法

シミュレーション手法としては、3次元CADで小さいパーツに分解したコイルの1/4モデルを作り、その小さなパーツごとの発生熱量(消費電力)を電磁界シミュレーションで求める。そのパーツごとの発生熱量とパーツの材質、境界条件を熱解析シミュレーションに入れ込み、各部の定常温度解析を行う。その定常温度解析結果に更に温度上昇による材質の抵抗値上昇をフィードバックして、最終的な温度上昇を見積る。

3次試作に関しては、コイルパターンは全く同一で、コイルとヒートシンクの間隔がそれぞれ7 $\mu$ m、100 $\mu$ m、200 $\mu$ mと3種類のパラメータを振ったサンプルを試作した。まず、これに関する熱解析を行った。結果は図2.3.11~13でこれは1/4モデルを浮上面側の中心側方向から観察した温度分布図で、環境温度25℃設定で、下限値25℃上限値50℃でコンターマップ化したものである。

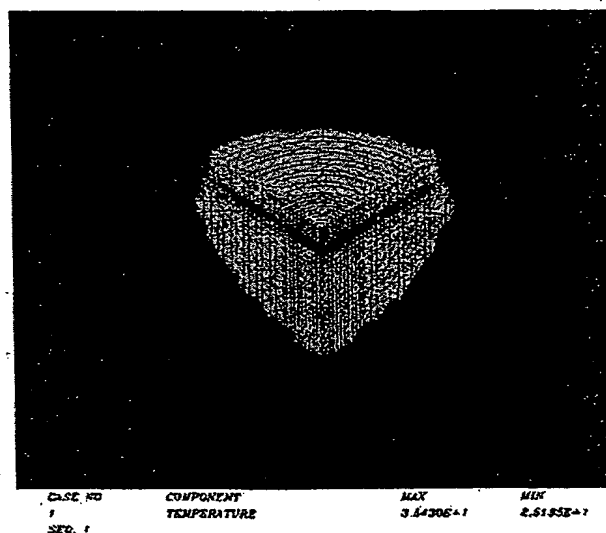
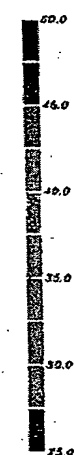


図2.3.11 コイルとヒートシンクの間隔7 $\mu$ m DC解析

当初の予想では間隔7 $\mu$ mはヒートシンクがコイルに近いことにより、渦電流損が大きいが伝熱特性が良く温度上昇はしない。200 $\mu$ mはその逆で、100 $\mu$ mは渦電流損も小さく、

温度上昇も少ない良い設計となる予定だった。周波数が変わった時に同じ磁界を発生させるためには、渦電流損分、周波数の増加に従って電流値を増加させる必要がある。したがって、システムを複雑にしないためにはなるべく渦電流損は押えた方がよい。特にACでの温度上昇とヒートシンクの渦電流損を図2.3.14に示す。

(DCとACそれぞれの消費電力と温度上昇値、ヒートシンク渦電流損は前述表2.3.7を参照。)

やはり当初の予想通りコイルとヒートシンク間隔は、3つの中では100 $\mu$ mがバランス良く、ACでの温度上昇、渦電流損共に低かった。

4次試作はこの結果を踏まえコイルとヒートシンク間隔は100 $\mu$ mとし、更にコアに高Bs材料(1.6T。3次はNiFeで0.7T)を採用した。そ

のことで磁束の飽和が起き難くなり、コアを薄くしてコアの抵抗値を上げることができた。その効果で磁性体での渦電流損の発生を押え、更なる温度上昇低減を狙ったものであった。磁性層の材質、厚さの違いによる温度上昇の違いを見るために、3次と同じ円形パターンのコイルで磁性層が薄い4次試作の熱解析を行った(解析は磁性層の厚みと飽和磁束密度のみ変えた簡略化モデル)。結果は表2.3.9に示す。この解析結果は当初の予想に反し、渦電流損が小さい4次試作の方が温度上昇が大きかった(図2.3.15)。3次と4次の熱解析結果の比較により、コアの熱伝導がコイルの温度上昇防止に役立っているのがわかった。図2.3.16~17は今まで同様の1/4モデルの熱流束を横から見た図(画面左上がコイル中心の浮上面)である。熱流束は3次の方が4次より、コイルからの発熱がコアを通過してヒートシンクに逃げる熱の移動が多いのがわかる。発熱を押えることより、まず熱を逃がす設計を考えるのが肝要であることがわかった。

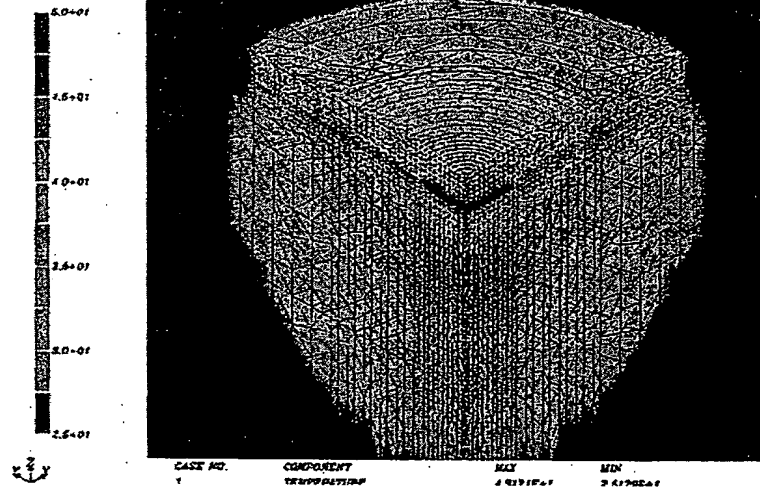


図2.3.12 コイルとヒートシンクの間隔100 $\mu$ m DC解析

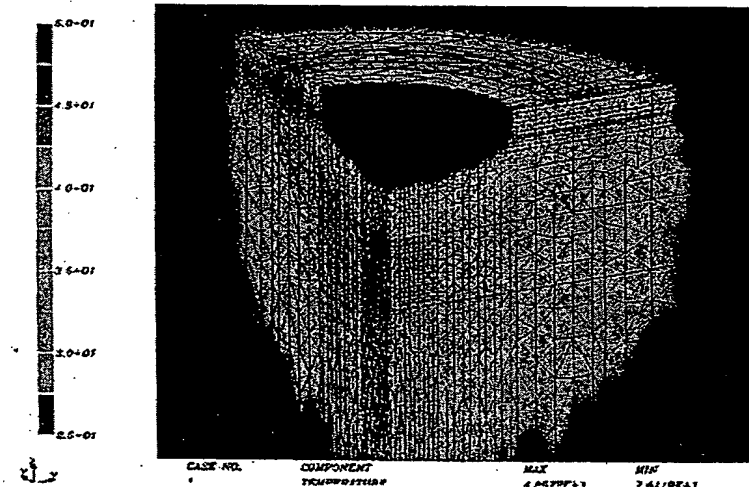


図2.3.13 コイルとヒートシンクの間隔200 $\mu$ m DC解析

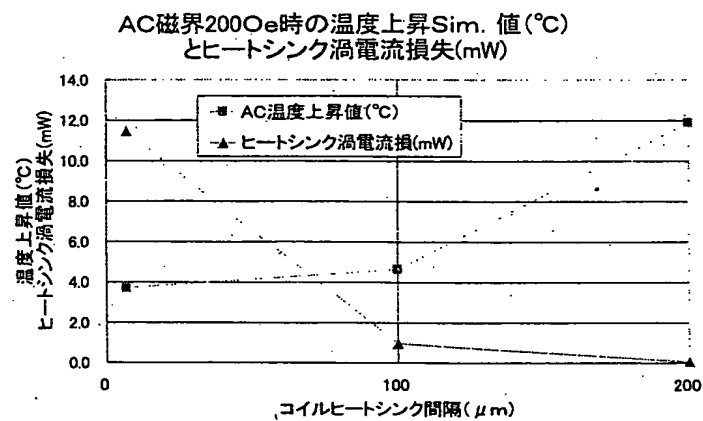


図 2. 3. 14 ACでの温度上昇とヒートシンクの渦電流損

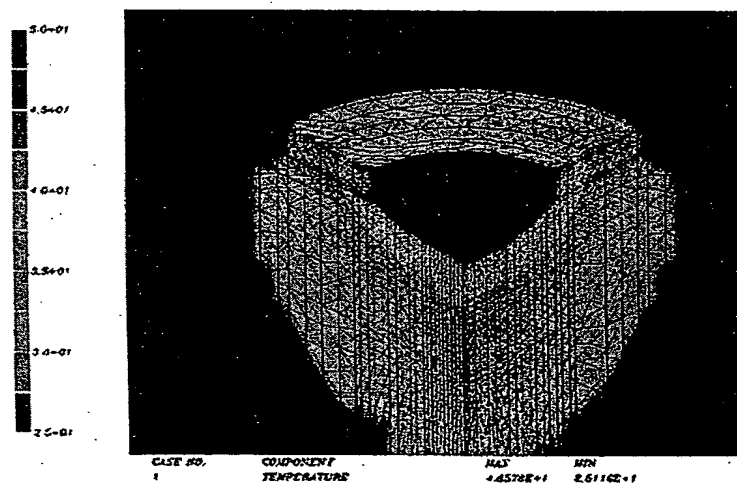


図 2. 3. 15 DCでの4次試作温度分布

表 2. 3. 9 消費電力と温度上昇値

コイル試作	3次相当	4次相当
DC消費電力(mW)	70.4	70.4
DC温度上昇値(°C)	12.5	24.0
AC消費電力(mW)	53.4	51.8
AC温度上昇値(°C)	4.6	11.6

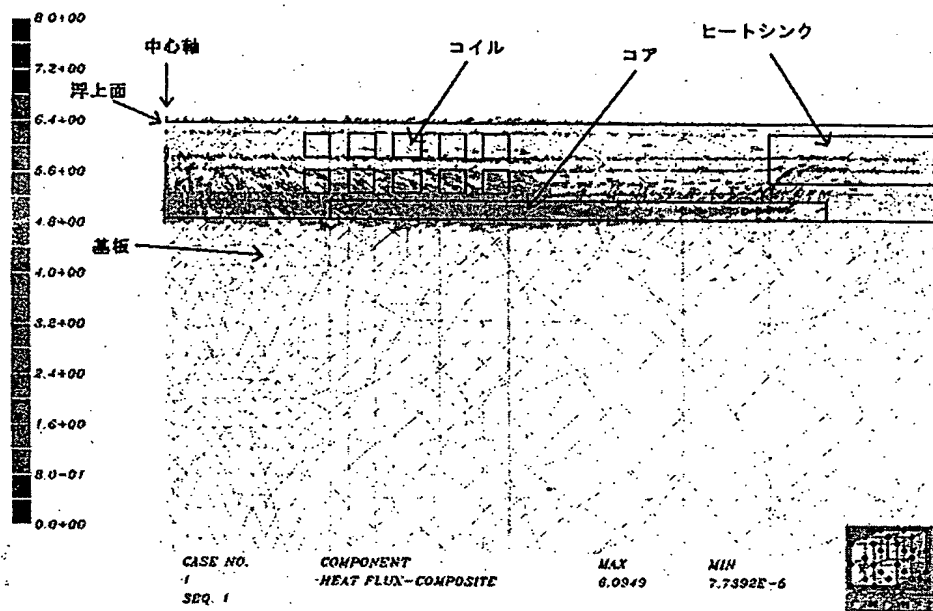


図 2. 3. 16 3次熱伝達 (コイル-ヒートシンク間 100 $\mu$ mタイプ)

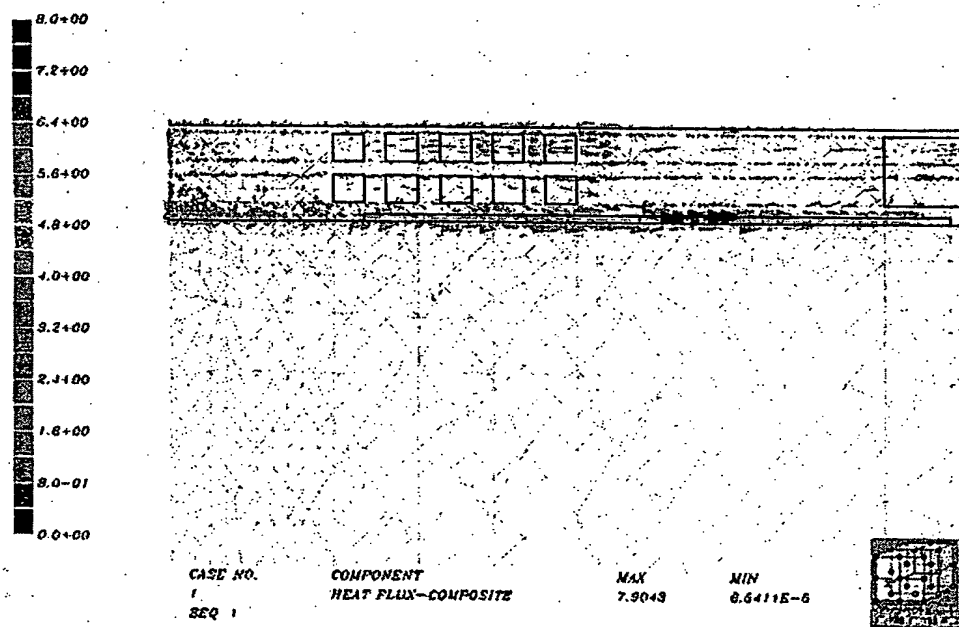


図 2. 3. 17 4次熱伝達

————— 禁 無 断 掲 載 —————

ナノメータ制御光ディスクシステムの研究開発（2002年度）

— 磁区応答 3 次元光メモリ技術 —

発 行 2003年3月

編集・発行 財団法人 光産業技術振興協会

〒112-0014 東京都文京区関口一丁目20番10号

電話 (03) 5225-6432